

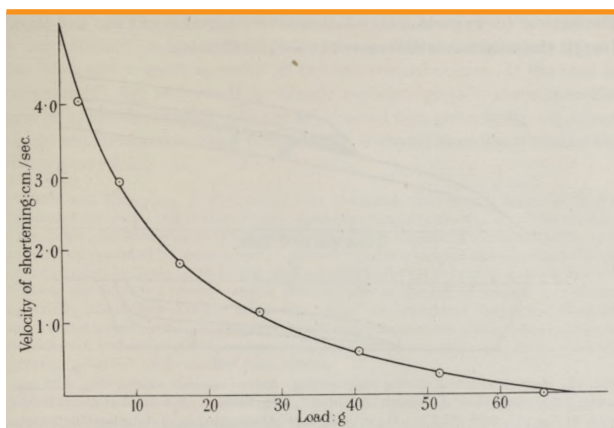
Velocity Based Training (VBT) wint aan populariteit als een bruikbare methode om binnen krachttraining de belasting te doseren en de progressie te volgen. In het eerste deel²⁵ van dit artikel is uitgelegd wat VBT is en wat de voordelen zijn ten opzichte van Percentage Based Training (PBT). In dit tweede deel wordt nader ingegaan op de praktische toepassing van VBT.

Velocity Based Training

Deel 2: Praktische toepassing binnen de sport

Jeroen Rietvelt

Figuur 4 | Originele figuur uit het artikel²⁶ van A.V. Hill. Deze hyperbole relatie tussen weerstand (x-as) en contractiesnelheid (y-as) is alleen representatief voor isotone contracties rond de rustlengte van een individuele spier en dus niet 1-op-1 van toepassing op bewegingssituaties waarin een massa versneld cq. verplaatst wordt, zoals haltertraining.



Voordat we echter ingaan op die praktisch toepassing is het nuttig om eerst even stil te staan bij de relatie tussen de snelheid (v) waarmee spieren kunnen samentrekken en de kracht (F) die ze daarbij kunnen leveren.

F-v relatie

Deze zogeheten F-v relatie (zie figuur 4) werd in 1938 voor het eerst wetenschappelijk beschreven door A.V. Hill.²⁶ Hij baseerde zich daarbij op laboratoriumonderzoek aan isotoon contraherende kikkerspieren. Het voert voor dit artikel te ver om hier dieper op in te gaan, maar het is belangrijk om vast te stellen dat deze meetmethode en deze specifieke situatie op talrijke punten verschillen van het meten van de haltersnelheid tijdens een kracht-oefening. Beide situaties hebben wel één belangrijke overeenkomst, namelijk dat de snelheid toeneemt als de weerstand afneemt, en andersom. Het blijkt in de praktijk verleidelijk om ook allerlei andere overeenkomsten te veronderstellen. Bijvoorbeeld dat de hyperbole curve van Hill ook 'automatisch' van toepassing is in de context van fysieke training.

Deze aanname is echter op meerdere gronden onterecht en leidt vaak tot spraakverwarring en misinterpretaties. Daarom is er in dit artikel voor gekozen om de relatie tussen belasting (load) en de haltersnelheid (velocity) die in VBT centraal staat, het zogeheten load-velocity profiel, op zichzelf te beschouwen en praktisch toe te passen.

Toepassingen

Het opstellen van een load-velocity profiel is een relatief eenvoudige en goedkope manier om het spiervermogen van een sporter tijdens kracht-oefeningen, springen en sprinten in kaart te brengen en om te beoordelen, of er wellicht sprake is van een kracht- of snelheidsdeficiet. Ook kan desgewenst veilig en met een aannemelijke betrouwbaarheid de 1RM worden afgeleid. Daarnaast is het mogelijk om de VBT-apparatuur in te zetten voor het periodiek meten van de snelheid bij een gelijkblijvende weerstand, om trainingsprogressie vast te stellen of dag-tot-dag variaties te monitoren.

Testprotocol

Binnen VBT wordt meestal uitgegaan van een lineaire relatie tussen (een toename van) de externe weerstand en (een afname van) de snelheid waarmee wordt bewogen.^{9,27} Dit quasi lineaire verband wordt gezien als stabiel en

zeer sterk: bijna perfecte correlatie-coëfficiënten (0,96-0,98) worden hierbij gevonden.^{8,28,29} De relatie is onafhankelijk van het krachtniveau (elite of recreatieve sporter) en van eventuele toe- of afnames in kracht.³⁰ Om voor een bepaalde oefening een load-velocity profiel op te stellen, dien je vier tot zes series met oplopende weerstand uit te voeren.^{7,30} De pauze tussen deze series bedraagt steeds drie minuten.⁷ De range van weerstanden dient minimaal te lopen van 30 tot 85% van de daadwerkelijke of geschatte 1RM en de afname van de zogeheten *mean velocity* (MV) tussen de lichtste en de zwaarste weerstand dient minimaal 0,5 m/s te bedragen. Als dit verschil niet wordt gehaald, dan is de range van de weerstanden niet breed genoeg gekozen.

Een praktisch advies is om 2-3 series uit te voeren met (oplopende) lichte weerstanden (MV > 1,0 m/s), 2 series met een matige weerstand (MV = 0,65 - 1,0 m/s) en 1 serie op zware weerstand (MV < 0,65 m/s). Zie figuur 6 voor een voorbeeld. De hoogste snelheid die wordt gemeten op elke weerstand wordt gebruikt voor het opstellen van het load-velocity profiel.⁷ Dit profiel maakt zichtbaar hoe snel de sporter weerstanden op diverse percentages van het 1RM kan verplaatsen en of dit door training verandert.

1RM

Desgewenst kan het load-velocity profiel ook worden gebruikt om het 1RM van een sporter te bepalen, zonder dat er een maximaaltest nodig is. Dit gebeurt op basis van lineaire regressie.^{7,31} Onderzoek toont aan dat

2-3 herhalingen @ 30-40% 1RM
2 herhalingen @ 40-50% 1RM
1-2 herhalingen @ 60-70% 1RM
1 herhaling @ 70-80% 1RM
1 herhaling @ 80-85% 1RM

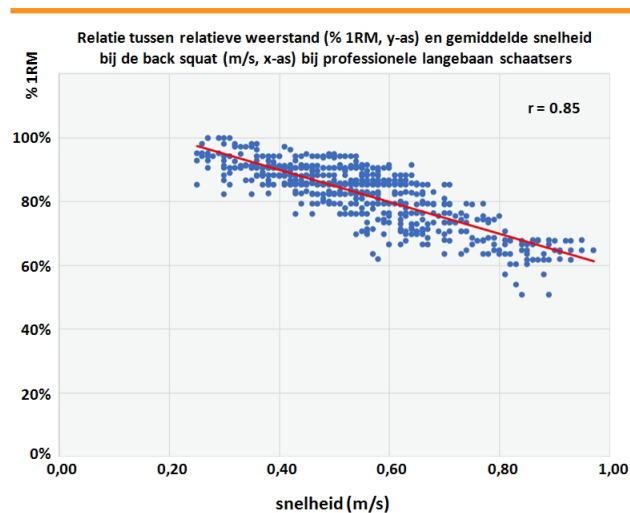
Figuur 6 | Voorbeeld van een protocol om een load-velocity profiel op te stellen.⁷

de betrouwbaarheid van deze methode boven de 95% ligt voor verschillende bewegingen, zoals de bench press en de back squat.^{28,32}

Om de 1RM op deze wijze te kunnen berekenen, dient bij voorkeur de zogeheten *minimal velocity threshold* (MVT) bekend te zijn. Dit is de minimale snelheid die nodig is om het gewicht nog correct te kunnen verplaatsen en een herhaling te kunnen afmaken. Als de snelheid onder die MVT zakt (door de hoge weerstand of door vermoeidheid), dan zal een herhaling niet zonder hulp kunnen worden voltooid. Elke oefening heeft zijn specifieke MVT. Zo wordt voor de bench press een MVT van 0,15 m/s aangehouden en voor de back squat 0,30 m/s.^{7,8,33} Dit is ook terug te zien in figuur 7. Maak dus niet de fout om de regressielijn door te trekken naar $v = 0$ als je de 1RM wilt berekenen. Onderzoek toont aan dat de MVT voor een oefening hetzelfde blijft, ook als de absolute kracht (bijvoorbeeld door training) toeneemt.⁸ Als de MVT bekend is, kunnen in Excel (of een andere spreadsheet) de richting (slope) en het snijpunt (intercept) van de regressielijn worden bepaald en kan de 1RM berekend worden. De slope is negatief omdat bij een toenemende weerstand de snelheid afneemt. Een kant-en-klare spreadsheet om het 1RM te berekenen is online beschikbaar. Zie figuur 8 voor een voorbeeld.

Velocity tracking

Een verwante methode om het prestatievermogen van een sporter in kaart te brengen en door de tijd heen (bijvoorbeeld off-season, pre-season en in-season) te volgen, is het meten van de snelheid die met steeds dezelfde

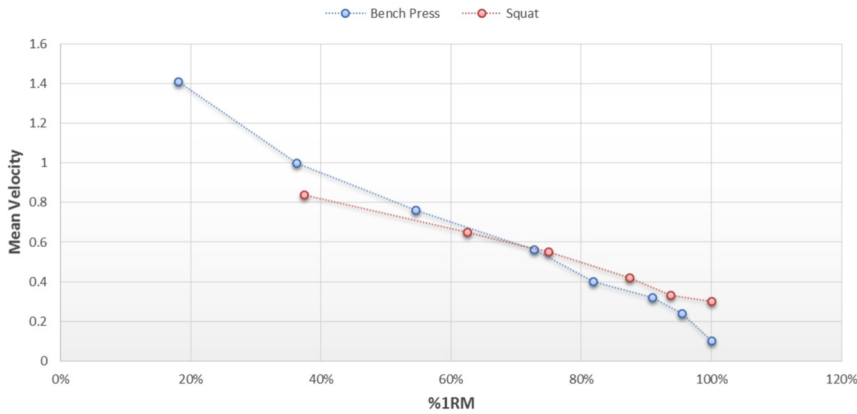


Figuur 5 | Voorbeeld van het lineaire verband tussen load en velocity voor de backsquat.

de weerstand kan worden gehaald. Zo kan vastgesteld worden hoe het spiervermogen van een sporter zich ontwikkelt en hoe de samenstellende factoren kracht (constant) en snelheid (fluctuerend in de tijd) zich tot elkaar blijven verhouden. Wordt de atleet sterker en/of sneller, blijft hij 'hangen' op een bepaald niveau of gaat hij achteruit? Het is van belang de weerstand constant te houden, ook als de atleet gedurende het seizoen sterker wordt. Door systematisch, bijvoorbeeld bij de start van elke nieuwe trainingsweek, een of meerdere oefeningen op gestandaardiseerde wijze (moment van de dag, warming-up, range of motion, etc.) uit te laten voeren, krijg je als coach een goed beeld van de lange termijn progressie. Zie als voorbeeld figuur 9: ondanks enkele terugvallen ontwikkelt deze sporter zich over het hele seizoen bekeken positief op het vlak van spiervermogen. Desgewenst kan deze methode zelfs dagelijks worden toegepast, om de dag-tot-dag variatie in het prestatievermogen te volgen.

Training

Trainen levert (als het goed is) een toename van het prestatievermogen op, maar veroorzaakt tevens (neuromusculaire en/of metabole) vermoeidheid. Omdat het netto-effect



Figuur 7 | Voorbeeld van een load-velocity profiel voor zowel de bench press als de squat. Merk op dat de beide oefeningen een andere MVT hebben op 100% 1RM (afbeelding overgenomen uit Flanagan & Jovanovic⁷).

van deze tegengestelde tendensen continu wisselt, zal de belastbaarheid van een sporter van dag tot dag schommelen.³⁴ Op sommige dagen kan met moeite 90% van het 1RM gehaald worden, terwijl de sporter op andere dagen ‘vliegt’. Psychosociale vermoeidheid kan ook bijdragen aan deze schommelingen. Als de belasting wordt afgestemd op deze schommelende belastbaarheid, zal de training effectiever zijn.

Feed forward

Binnen de training kan de snelheid als feedforward, in realtime en als feedback principe gebruikt worden. Feedforward door de gemiddelde snelheid voorafgaand aan de oefening als doelsnelheid op te geven aan de atleet. In real time zodat de atleet tijdens de set weet wanneer de snelheid niet meer gehaald wordt en de set beëindigd moet worden. En als feedback om na afloop van een set keuzes te maken en aanpassingen te doen. De verkregen informatie dient dan als input voor de nieuwe set, bijvoorbeeld door de hoeveelheid kilo’s bij te stellen of de oefening over een groter traject te maken (bijvoorbeeld dieper squatten).

Periodisering

In de meeste gevallen zullen sporters het gehele seizoen in de verschillende zones van de load-velocity curve trainen.

De hoeveelheid trainingsarbeid die per zone verricht wordt, hangt van veel factoren af, zoals trainingsleeftijd, trainingsdoelen, de sportanalyse, de taakanalyse (taak en positie in het veld), de periode in het jaar/seizoen of (bij revalidatie na een blessure) de fase van weefselherstel.

Elke fase in de periodisering heeft zijn eigen kenmerken en daarmee gepaard gaande VBT-variabelen die je kunt gebruiken om de training te sturen. In een eerste voorbereidingsperiode of een opstartblok kun je bijvoorbeeld de mean velocity centraal stellen, om er zeker van te zijn dat er niet gelijk met te hoge weerstanden gestart wordt.

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Back squat (parallel) - sporter A			
3			<i>weerstand</i>	<i>1RM</i>	<i>snelheid</i>	<i>diepte</i>
4	<i>set</i>	<i>(kg)</i>	<i>(%)</i>	<i>(m/s)</i>		
5	1	40	26%	1,28	56	
6	2	80	52%	0,94	55	
7	3	115	75%	0,67	55	
8	4	140	91%	0,39	55	
9						
10				MVT	0,30	
11						
12		richting		-114,1		
13		snijpunt		187,3		
14		geschatte 1RM		153,1		
15						
16						
17						
18						
19						

Figuur 8 | Voorbeeld van het berekenen van de 1RM in een spreadsheet, rekening houdend met de MVT.

Door een ondergrens in te stellen voor de gemiddelde snelheid waarmee de oefeningen moeten worden uitgevoerd, dwing je het gebruik van relatief lichtere weerstanden af. In een meer op de maximale kracht georiënteerd blok kan juist voor het tegenovergestelde gekozen worden: de weerstand dient dan vaak genoeg zo groot te zijn, dat snelheden boven 0,5 m/s niet gehaald kunnen worden.²⁵

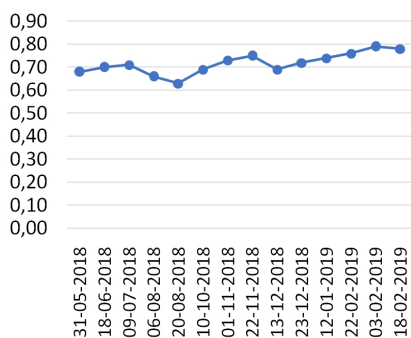
In periodes waarin de sportspecifieke transfer centraal staat, zijn variabelen als peak power (PP) en mean power (MP) ideaal om te gebruiken. Niet alleen als feedback tijdens de training, maar ook om vooraf de trainingsweerstand op te baseren. Het vermogensprofiel vertelt je in welke zone en met welke weerstanden een bepaalde sporter zijn hoogste vermogens kan leveren en of hij meer een strength-speed dan wel een speed-strength aanleg heeft.

Een variabele als diepte of hoogte kan aanvullend gebruikt worden om er zeker van te zijn dat de bewegingen ruim genoeg worden uitgevoerd, zodat de gewrichtshoeken die relevant zijn voor de beoefende sport gehaald worden. Het halen van de voor schaatsen en wielrennen gewenste kniehoek bij het maken van een squat is hiervan een duidelijk voorbeeld.

Specificiteit

Sportspecifieke bewegingen hebben ieder hun eigen karakteristieke snelheidsprofiel. Het is belangrijk de haltertraining hierop aan te laten sluiten. Bij rugbyspelers die *hang cleans* uitvoerden op een MV van 0,6-0,8 m/s werd bijvoorbeeld geen relatie gevonden met de verticale spronghoogte. Als de weerstand echter zodanig werd verlaagd dat de MV toenam tot een waarde die ook bij verticaal springen wordt gehaald (ca. 1,4 m/s), dan was die relatie er wel. VBT doet de kans op sportspecifieke adaptaties toenemen door het afstemmen van de haltersnelheid op de sportspecifieke bewegings-snelheid.

Mean Velocity (m/s) best rep



Figuur 9 | De gemiddelde snelheid (mean velocity) tijdens een halteroefening met een constant gewicht, gemeten gedurende een seizoen om de lange termijn progressie in kaart te brengen.

Pieksnelheid

Sporters zijn van nature competitief ingesteld. Als er scores worden bijgehouden, zullen ze over het algemeen hun best doen om die scores te verbeteren. Dit geldt ook als een sporter tijdens een oefening snelheidsfeedback krijgt. Met name bij explosieve oefeningen als de clean en de *snatch*, die een duidelijke acceleratiefase en deceleratiefase hebben, is het dan raadzaam om niet de gemiddelde snelheid, maar de pieksnelheid terug te geven. Een oefening als de power clean wordt gekenmerkt door een langzame eerste pull fase en een daaropvolgende snelle, explosieve tweede pull. Het terugkoppelen van de gemiddelde snelheid zou de resultaten uit hun verband trekken. Pieksnelheid is beter geschikt.³⁵

Bij gewichtheffers is er een hoge correlatie tussen de gemiddelde snelheid en de pieksnelheid. Dit geldt echter niet voor beoefenaars van andere sporten, die dezelfde oefeningen gebruiken om prestaties in hun eigen sport te verbeteren. Deze sporters presteren vooral goed in de pull, maar verliezen sneller hun techniek tijdens de racking- en catchfase. Ook dit is een reden om niet de gemiddelde snelheid, maar de pieksnelheid als feedback te geven bij ballistische oefeningen.³⁶

Verschuiving load-velocity curve

In veel verschillende sporten is het vermogen dat een sporter kan leveren een belangrijke prestatiebepalende factor.^{37,38} Het optimaliseren van de vermogensproductie is dan ook van groot belang.³⁷⁻⁴¹ Daarbij is het voor een coach belangrijk om te weten welke component (kracht en/of snelheid) bij de sporter voor verbetering vastbaar is. Het load-velocity profiel biedt hier uitkomst.

Het zogeheten actuele profiel weerspiegelt de actuele kracht- en snelheidskwaliteiten van de sporter. Het optimale profiel is de gewenste combinatie van kracht en snelheid waar de coach naartoe wil werken. Dit optimale profiel kan bijvoorbeeld gebaseerd zijn op onderzoek bij goed presterende beoefenaars van dezelfde sport, data van de eigen trainingsgroep of een analyse van de doelgroep. Per sporter kan vervolgens geanalyseerd worden of er sprake is van een relatief tekort aan snelheid of kracht, of dat er juist een goede balans is tussen deze beide factoren.

Als er sprake is van een onbalans, dan zal er vooral in de zwakkere snelheidszones getraind moeten worden. Dit kan eventueel resulteren in een afname van het prestatievermogen in andere delen van de curve, maar dit is een ingecalculieerd verlies. Het gaat er immers om dat een sporter snel en/of sterk is in dat deel van de curve dat relevant is voor zijn sport. Zie figuur 11: als er veel getraind wordt met hoge

weerstand op lage snelheid (kracht focus), dan zal de actuele curve (rood) in principe kantelen naar groen. Als er daarentegen vooral met lage weerstanden op hoge snelheid wordt getraind, dan zal de rode curve kantelen naar blauw (zie figuur 12). In de praktijk betekent dit dat de coach verschillende afgeleide vormen van de basisoefeningen moet kennen en moet kunnen toepassen (zie figuur 12).

Vermogen

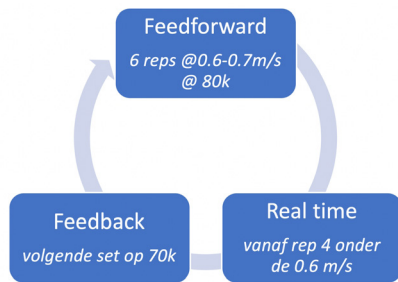
Aangezien het vermogen vaak gezien wordt als een belangrijke voorspeller van de prestatie, is het van belang om de vermogensleverantie te verbeteren.³⁷⁻⁴¹ Vermogen (P) is het product van kracht en snelheid ($P=F \cdot v$). Het verbeteren van één van deze componenten kan al leiden tot een toegenomen vermogensproductie en daardoor een explosievere atleet. Niet voor niets is het naar rechts verschuiven van de load-velocity curve (zie figuur 14) één van de meest prominente doelstellingen binnen de krachttraining. Trainingsprogramma's die zowel kracht als snelheid combineren laten vaak een grotere toename van het atletisch vermogen zien dan enkel kracht- of snelheidstraining.⁴²

Meetsystemen

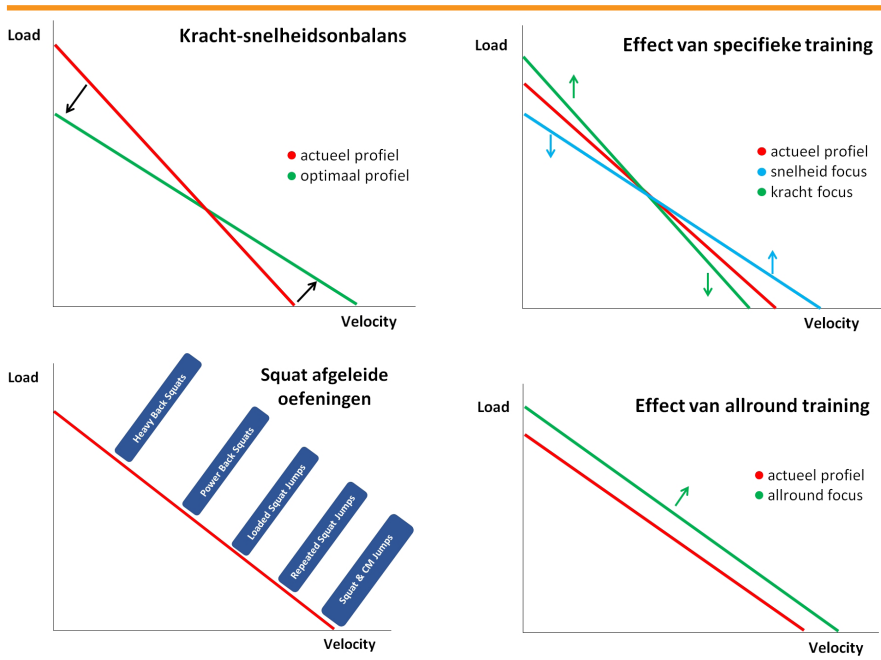
Er zijn momenteel drie verschillende manieren om de haltersnelheid te meten:

- systemen op basis van linear position measurement (LPM), zoals GymAware;
 - draagbare systemen op basis van inertiesensoren, zoals Beast, Push en Bar Sensei;
 - cameragebaseerde smartphone applicaties als PowerLift en IronPath.
- Grofweg nemen de kosten in het bovenstaande rijtje van boven naar beneden af.

Het merendeel van de data die is gebruikt bij de totstandkoming van dit artikel is afkomstig van het LPM-systeem GymAware. Andere manieren om de haltersnelheid te meten kunnen



Figuur 10 | De haltersnelheid als feedforward, real time informatie en feedback tijdens VBT.



Figuur 11 (linksboven) | Voorbeeld van een onbalans tussen kracht en snelheid. Ten opzichte van het optimale profiel is deze sporter sterk, maar traag.

Figuur 12 (rechtsboven) | Verschuiving van de load-velocity curve na specifieke training op snelheid (blauw) en kracht (groen).

Figuur 13 (linksonder) | Diverse van de squat afgeleide oefeningen, toegespitst op de verschillende zones van de load-velocity curve.

Figuur 14 (rechtsonder) | Verschuiving van de load-velocity curve na allround training met een focus op zowel snelheid als kracht.

afwijkende resultaten geven, maar dit betekent niet dat deze metingen onjuist zijn. Integendeel, verschillende studies⁴³⁻⁴⁶ tonen aan dat ook de goedkopere draagbare systemen de haltersnelheid valide, betrouwbaar en nauwkeurig kunnen meten, met name bij hogere weerstanden. Haltersnelheden bij weerstanden lager dan 40% van 1RM kunnen echter grotere afwijkingen vertonen en dienen dus met meer voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.

Kostenplaatje

Een terugkerend aandachtspunt bij VBT is het kostenplaatje. Het aanbod aan VBT-instrumenten wordt steeds groter, maar aanschaf van een systeem blijft een investering en dus een struikelblok om over te stappen van PBT naar VBT. Ontwikkelaars van smartphone applicaties spelen hier slim op in en lanceren geregeld apps waarvan wordt beweerd dat ze

de haltersnelheid betrouwbaar en valide kunnen meten. Deze goedkopere meetmethoden zouden VBT laagdrempeliger kunnen maken. Recente betrouwbaarheidsstudies op de Hogeschool Utrecht^{47,48} laten echter zien dat verschillende onderzochte apps (met name IronPath) nog te kort schieten als goedkope alternatief. Naast de kosten voor de apparatuur zijn er ook bijkomende kosten waar rekening mee gehouden moet worden, bijvoorbeeld voor software- en cloudabonnementen om de verkregen data op te slaan en tablets of andere beeldschermen om de metingen zichtbaar te maken. Tevens kunnen er bijkomende kosten ontstaan voor montage van schermen aan de muur van de trainingsruimte, om bijvoorbeeld functies als leaderboard en ranglijsten te kunnen toepassen. Deze functies kunnen helpen om in real time de onderlinge concurrentie te stimuleren.

Discussie

Bij VBT is het van belang dat de sporter elke herhaling met de hoogst mogelijke snelheid uitvoert. Als dit niet het geval is, dan vertellen de data mogelijk een niet bestaand verhaal. Vaar als coach dus niet blind op de getallen die het VBT systeem uitspuugt, maar vertrouw ook op je gezonde verstand.

Bij het opstellen van load-velocity profielen wordt gebruik gemaakt van lineaire regressie. Dit is een toegankelijke en eenvoudige methode, dus prima geschikt voor toepassing in de praktijk. We moeten echter niet vergeten, dat er geen perfect lineair verband bestaat tussen load en velocity. Het opgestelde profiel blijft een benadering van de werkelijkheid.

Ondanks goede resultaten in een aantal betrouwbaarheidsstudies naar het bepalen van de 1RM op basis van het load-velocity profiel, zijn er ook studies die hier kritisch over zijn en aantonen dat het meten van de snelheid niet gebruikt kan worden om accuraat de daadwerkelijke 1RM te voorspellen.^{29,49,50} Het belangrijkste argumenten is, dat de snelheid minder consistent is bij lichtere weerstanden. Hoe zwaarder de weerstand, des te betrouwbaarder de 1RM schatting wordt.²⁸

Daarnaast hebben enkele oefeningen (back squat met vrije gewichten) een langere deceleratiefase aan het eind van de concentrische fase.^{3,7,30} Het gebruik van mean velocity zal overschatting geven van de daadwerkelijke bewegingssnelheid. Als oplossing kan de zogeheten *mean propulsive velocity* gebruikt worden: de gemiddelde snelheid tijdens de acceleratiefase. Binnen de topsport wordt de 1RM nog steeds (te) vaak gebruikt als criterium om het trainingsschema en de progressie te evalueren. Bij een afname van de 1RM is men geneigd te concluderen dat een sporter in fysiologische zin achteruitgegaan is. Het 'the stronger, the better' principe is echter achterhaald en gaat voor steeds minder sporten nog op. In veel

sporten hebben parameters als mean velocity, peak power, RFD en time to peak force als specifieke graadmeters van de fysiologische gesteldheid veel meer betekenis dan de 1RM.

Om de explosiviteit te verbeteren, zul je in alle delen van de load-velocity curve dienen te trainen. Dit leidt in de praktijk tot discussies, bijvoorbeeld of het trainen van verschillende onderdelen uit de curve wel of niet binnen één microcyclus kan gebeuren, of dat het misschien effectiever is om deze in afzonderlijke blokken te trainen. Deze discussie is helaas te breed om binnen dit artikel verder te voeren.

Conclusies en aanbevelingen

Er zijn verschillende manieren waarop je de bewegingssnelheid kunt gebruiken om de trainingsweerstand bij krachttraining te reguleren. Ongeacht de methode of de gebruikte apparatuur kunnen hierdoor gerichter specifieke krachteigenschappen worden getraind, met het gaan leveren van meer vermogen en het tegengaan

van overbelasting als uiteindelijk doelen.

Een load-velocity profiel stelt een coach in staat te identificeren waar een sporter binnen een bepaalde oefening eventueel kracht- of snelheidsdeficiënties heeft. Gebaseerd op de gedetailleerde en objectieve testresultaten kan gerichte krachttraining geïmplementeerd worden om de betreffende tekortkoming(en) aan te pakken en de prestatie te verbeteren. In vergelijking met PBT stimuleert VBT de sporter in hogere mate om elke herhaling op de hoogst haalbare snelheid uit te voeren. In de meeste sporten wordt dit ook gevraagd. Het is dus aannemelijk dat VBT zorgt voor een specifiekere neuromusculaire trainingsprikkel. Hierdoor is VBT een waardevol instrument om sporters

te motiveren en de kwaliteit van de training te verhogen.

Hoewel steeds meer onderzoek en nieuwe informatie de doeltreffendheid van VBT als test- en trainingsmethode ondersteunen, zijn er ook nog veel vragen onbeantwoord. Zo is er bijvoorbeeld behoefte aan meer informatie over het effect van load-velocity profileren bij specifieke sportdoelgroepen. VBT kan prima samengaan met andere methoden om de trainingsbelasting te optimaliseren, zoals PBT en de in deel 1 genoemde vormen van autoregulatie. Het combineren van meerdere methoden, die elkaar kunnen aanvullen en corrigeren, leidt tot het nemen van betere beslissingen.

Schaf geen VBT-systeem aan om problemen op te lossen die niet met technologie opgelost kunnen worden.

Over de auteur

Jeroen Rietvelt werkt als inspanningsfysioloog en strength & conditioning coach voor de Japanse nationale schaatsploeg (allround & sprint) en is docent binnen de masteropleiding Sportfysiotherapie van de Hogeschool Utrecht.

Zie deel 1 van dit tweeluik voor referenties 1-24.

25. Rietvelt J (2017). Velocity Based Training. Deel 1: Meerwaarde ten opzichte van Percentage Based Training. *Sportgericht*, 71 (6), 22-27.
26. Hill AV (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London*, B126, 136-195.
27. Bobbert M (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *Journal of Applied Physiology*, 112 (12), 1975-1983.
28. Jidovtseff B et al. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (1), 267-270.
29. Bosquet L, Porta-Benache J & Blais J (2010). Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1RM from the force-velocity relationship. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 459-463.
30. Mann B (2016). *Developing explosive athletes: use of velocity based training in training athletes*. Michigan: Ultimate Athlete Concepts.
31. Turner AN & Jeffreys I (2010). The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 60-67.
32. Cronin JB, McNair PJ & Marshall RN (2003). Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 148-155.
33. Izquierdo M et al (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 718-724.
34. Turner A & Comfort P (2017). Periodisation. In: Turner A & Comfort P (eds.), *Advanced Strength and Conditioning*, pp. 116-135. London: Routledge.
35. Harbili E & Alptekin A (2014). Comparative kinematic analysis of the snatch lifts in elite male adolescent weightlifters. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 417-422.
36. Mann JB (2017). Olympic lifts: the importance of peak velocity and recommended guidelines. Blog SimpliFaster (<https://simplifaster.com/articles/olympic-lifts-importance-peak-velocity-recommended-guidelines/>).
37. Baker D & Nance S (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 224-229.
38. Comfort P, Allen M & Graham-Smith P (2011). Kinetic comparisons during variations of the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3269-3273.

39. Comfort P, Fletcher C & McMahon JJ (2012). Determination of optimal load during the power clean in collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2970-2974.
40. Cormie P, McBride JM & McCaulley GO (2007). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 103-118.
41. Cronin J, McNair PJ & Marshall RN (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4, 59-70.
42. Stone MH (1993). Literature review: Explosive exercises and training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15 (3), 7-15.
43. Balsalobre-Fernández C et al. (2017). Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Frontiers in Physiology*, 8, 649.
44. Balsalobre-Fernández C et al. (2016). Validity and reliability of the PUSH wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30 (7), 1968-1974.
45. Orange ST et al. (2018). Validity and reliability of a wearable inertial sensor to measure velocity and power in the back squat and bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 132-139.
46. Orange ST et al. (2018). Test-retest reliability of a commercial linear position transducer (GymAware PowerTool) to measure velocity and power in the back squat and bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (6), 98-107.
47. Vriesema M (2018). *Wat is de correlatie en het verschil in meten tussen een acceleratiemeter smartphone applicatie met een drukplaat en de Gymaware, voor het meten van de gemiddelde snelheid van krachtontwikkeling tijdens de Squat Jump met studenten van 16-29 jaar?* Afstudeeronderzoek bachelor fysiotherapie, Hogeschool Utrecht.
48. Smit D (2018). *De validiteit, intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van een pieksnelheidsmeting met de ironpath app tijdens de high pull*. Thesis masteropleiding Sportfysiotherapie, Hogeschool Utrecht.
49. Banyard H, Nosaka K & Haff G (2017). Reliability and validity of the load-velocity relationship to predict the 1RM back squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (7), 1897-1904.
50. Banyard HG et al. (2017). Validity of various methods for determining velocity, force and power in the back squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (9), 1170-1176.